

# デジタルカメラを用いた揚げ油劣化度の簡易評価法の開発

赤坂 和昭<sup>1</sup>・細矢 理奈<sup>2</sup>・野田奈津実<sup>2</sup>・鎌田久仁子<sup>3</sup>

千葉 元子<sup>3</sup>・角田 由希<sup>3</sup>・和泉眞喜子<sup>1</sup>・田島 裕之<sup>4</sup>

Development of A Simple Evaluation Method of Frying Oil by Using Digital Camera

Kazuaki Akasaka, Rina Hosoya, Natsumi Noda, Kuniko Kamata,

Motoko Chiba, Yuki Kakuta, Makiko Izumi, Hiroyuki Tajima

揚げ調理により熱酸化の進んだ油は、風味や栄養価が著しく低下することから、「油の換え時」を適切に判断することが求められる。本研究では、揚げ調理に伴う揚げ油の着色の度合いを、デジタルカメラを検出器とした比色分析法により計測し、その値から揚げ油の劣化度を評価する方法について検討した。その結果、撮影条件の違いによるばらつきは、標準色素溶液を用いて補正することが可能で、4種の植物油および8種の揚げ種を用い、揚げ油の劣化指標の一つである極性化合物量（TPM%）と着色度で評価した結果の間には高い負の相関性が認められ、デジタルカメラを用い簡便に揚げ油の劣化度を非経験的に数値化して評価することが可能であった。

キーワード：揚げ油、熱酸化劣化、着色度、デジタルカメラ、簡易評価

## 1. はじめに

揚げ調理などに用いられる揚げ油は、高温のため自動酸化に比べ著しく早い速度で酸化を受け、更に分解や重合により多様な生成物を与える。熱酸化の進んだ油は、風味や栄養価が著しく低下することに加え、毒性を示すようになることが知られている<sup>1)</sup>。このため、揚げ調理などでは「油の換え時」を適切に判断することが求められる。厚生労働省の「弁当及びそうざいの衛生規範」の中で、「発煙点が170℃未満となったもの」、「酸価（AV）が2.5を超えたもの」、「カルボニル価（COV）が50を超えたもの」と認められた場合、その油脂をすべて交換することとある<sup>2)</sup>。しかし、酸価やカルボニル価などの化学的測定法は、試薬、器具および設備に加え操作に熟練を必要とすることなどから、家庭や調理現場で利用するのは難しい。また、極性化合物量（TPM%）は、ヨーロッパなどで広く用いられている指標で、ドイツやフランスでは24%を超えた場合には油を交換することとされており、TPM%の測定用センサーが市販されているが、家庭などで利用するには高価である。このため、家庭で実施可能な劣化判定法として、揚げ物の味、色、匂い、揚げり具合などを官能検査する方法について、種々の検討が

2015年9月7日受理

<sup>1</sup> 尚綱学院大学 健康栄養学科 教授

<sup>2</sup> 尚綱学院大学 健康栄養学科 講師

<sup>3</sup> 尚綱学院大学 健康栄養学科 助手

<sup>4</sup> 尚綱学院大学 人間心理学科 教授

なされている<sup>3~6)</sup>。しかし、比較対象なしで評価する場合、絶対的な判断基準を身に付けておく必要があり、素人には困難で、個人差も大きい。

揚げ調理に伴い、油は徐々に黄色に着色する。揚げ油の着色の度合いを色差計で計測し、その結果と各劣化指標との間について検討した結果、揚げ油の赤色方向側への着色により $L^*$ 、 $a^*$ とCOV、アニシジン価の間に相関性があることが報告されている<sup>7)</sup>。しかし、客観的な着色度の計測には、通常、色差計のほか比色計あるいは分光光度計などの装置が必要で、調理現場や家庭などで実施するのは困難であり、また目視による判断にも経験的に判断基準を身に付けておくことが求められる。

デジタルカメラは、色識別の基本性能に優れ、分光検出器としての可能性を秘めており、これを用い、菊地らは水質分析に利用する方法を報告した<sup>8)</sup>。この方法では、デジタルカメラで撮影した写真をパーソナルコンピュータ（PC）に取り込み、画像処理ソフトを用いて、光の3原色である赤（R）、緑（G）、青（B）の値を抽出することにより、水の中の陰イオン界面活性剤の濃度を求めることができる。本研究では、このデジタルカメラの分光検出器としての高い機能に着目し、広く普及しているデジタルカメラで揚げ油を撮影し、写真画像からRGBの値として着色度を求め、油の劣化の程度を評価する方法について検討した。

## 2. 実験方法

### 2-1 実験装置

揚げ油の撮影にはPENTAX Q10を用いた。これに加え、撮影条件の検討には、ペンタックスistD デジタル一眼レフカメラ、VictorEverio GZ-MG275S ビデオカメラ（静止画機能）、およびスマートフォン・携帯電話のXperiaSO-01E、iPhone 5s（2台）、およびSoftbank 934SHのそれぞれカメラ機能を用い撮影した。照明は、LED デスクスタンド（LTL-T72-K オーム電機）、蛍光灯（SLG-20WN/14 日本グローバル照明株式会社）を用いた。画像処理ソフトは、Adobe Photoshop Elements 12を用いた。揚げ油の吸収スペクトルの測定には日立 U-2900 分光光度計を用いた。揚げ調理には、Panasonic KZ-PH32、National KZ-PG3あるいはHITACHI MH-G1 IH クッキングヒータを用いた。

脂肪酸組成分析に用いたHPLC装置は、L-2130 ポンプ（日立）、L-2200 オートサンプラー（日立）、FP-920 蛍光検出器（日本分光）、クロマトコーダー21データ記録装置（システムインスツルメンツ）、および分離カラムとしてDevelosil ODS-HG-3（4.6mm i.d.×150mm、野村化学）を用いた。

### 2-1 揚げ種の調製

揚げ種として冷凍食品のフライド（ポテトフレンチポテト・日本マッकेインフーズ株式会社）、鶏から揚げ（若鶏和風竜田揚げ粉ふきタイプ加熱後包装・日本水産株式会社）、レンコンはさみ揚げ（レンコンの挟み揚げ30 G、味の素）、メンチカツ（ごちそうメンチカツ90、やよい食品）および冷凍尾付むき伸ばし海老（2 L、JFSL）は、仙台市内の業務用食品販売店で購入し、使用直前まで-30℃の冷凍庫に保存した。ピーマン、ゴボウ、カボチャは仙台市内のスーパーマーケットより購入した。ピーマンは、へたをとり除き縦に1/2に切断し、種を除去した。ゴボウは、約5 cmの長さにささがきにし、30分程度水道水にさらした。カボチャは、縦に

1/4に切断後、更に皮の部分の厚さが0.3cmになるよう半月型にスライスした。

冷凍海老は、水に2時間浸し解凍したのち、衣（薄力粉：片栗粉：水＝10：1：19；重量比）を付けて、てんぷら調理に用いた。

## 2-2 揚げ油の調製

日清オイリオ社製リノールサラダ油（原材料：大豆油、なたね油）500gをステンレス製鍋（直径150mm）に入れ、IHクッキングヒーターで約180℃に加熱した。冷凍フライドポテト約50gを投入し、3分間揚げて取り出した。揚げ種を取り出したのち、2分間待ち、次の素材を同様に揚げる操作を50回繰り返した。鶏から揚げは、約60gを3分揚げて取り出し、2分後に次の素材を揚げる操作を28回繰り返した。ささがきにしたゴボウ、およびスライスしたカボチャはそれぞれ約50gを2分揚げて取り出し、3分後に次の素材を揚げる操作を36回および28回それぞれ繰り返した。冷凍レンコンはさみ揚げは2個（約60g）を3.5分揚げて取り出し、1.5分後に次の素材を揚げる操作を30回繰り返した。冷凍メンチカツは1個（約90g）を6分揚げて取り出し、約0.3分後に次の素材を揚げる操作を24回繰り返した。海老は、リノールサラダ油1000gをてんぷら鍋（直径240mm）に入れ、IHクッキングヒーターで約180℃に加熱した。衣をつけた海老2尾を、2分間揚げ取り出し、次の素材を揚げる操作を60回繰り返した。試料の揚げ油は20分間隔で一部を採取し、TPM%の測定および写真撮影用の試料とした。尚、すべての揚げ調理中は、油の温度が170～180℃前後になるよう調節した。

油の種類の影響の検討には、リノールサラダ油に加え、日清オイリオ社製キャノーラヘルシーライト、味の素社製健康サララ（大豆胚芽油）、および昭和産業社製オレインリッチを用い、冷凍フライドポテトを用い上記と同様にして揚げ油を調製した。

実験に用いた未使用油の脂肪酸組成は、テトラエチルカーボネートエタノール溶液を用いて加水分解後、蛍光誘導体化試薬 AE-OTf を用いた HPLC 法により測定した<sup>9)</sup>。

## 2-3 デジタルカメラによる測定と解析

揚げ油試料を、市販のキッチンタオル（クレシア フードペーパーM）を用いてろ過し、ポリスチレン製ディスポーザブルセル（光路長10mm）に入れた。角形セルホルダーに試料油の入ったセルをセットし、背面に白色の塩化ビニルシート（EB435-5 Hikari）を置いて、上方からLEDライト、またはLEDライトと蛍光灯を照射して、デジタルカメラのオートモードで撮影を行った。尚、補正用標準試料として食用黄色4号（食品添加物；東京化成）2.53mgを蒸留水で100mLに定容した溶液をディスポーザブルセルに入れた試料を揚げ油試料と同時に撮影した。また、市販黄色ラベルフィルム（ポスト・イット ジョーブ 透明スリム見出し；スリーエムジャパン）をセルホルダーに貼り同時撮影し、補正用ラベルフィルムとして用いた。

デジタルカメラで撮影した画像を、PCに取り込み、画像解析ソフト Adobe Photoshop Elements 12により、色情報としてRGBの値を抽出した。同時に、背面の白色塩化ビニルシート、および黄色4号標準溶液（またはラベルフィルム）の色情報（塩化ビニルシートおよび標準試料のB値）も抽出し、下記の補正式（1）を用い、試料のB値を補正した。

$$\text{補正 B 値} = \frac{255 - (\text{試料油の B 値} - \text{塩化ビニルシートの B 値}) \times 200}{(\text{標準試料の B 値} - \text{塩化ビニルシートの B 値})} \quad \cdots \text{式 (1)}$$

## 2-4 吸収スペクトルおよびTPM%の測定

揚げ油試料を、市販のキッチンタオル（クレシア フードペーパーM）を用いてろ過し、ポリスチレン製ディスポーザブルセル（光路長10mm）に入れ、日立分光光度計U-2900を用い、380nm～780nmまでの吸収スペクトル、および5 nm 間隔の吸光度の測定を行った。

TPM%の測定にはデジタル食用油テスター Testo 270（Testo 社）を用い、50mL 容の試料瓶に採取した直後、40℃以上の温度において計測した。

## 3. 結果及び考察

### 3-1 揚げ調理時間と揚げ油の吸光度、TPM%およびRGB 値の変化

新鮮なサラダ油を用いて、冷凍鶏から揚げを0～120分間揚げた油の380～780nmの波長における吸収スペクトルの変化を図1に示した。未加熱の油では、短波長領域でわずかに吸収が認められたが、長波長ではほとんど吸収は認められなかった。揚げ時間の増加に従い、特に短波長領域の吸収が大きく増加し、長波長側になるに従い漸減した。380～450nm付近の光は紫～青色に相当し、揚げ時間（y）と青色領域の440nmの吸光度（x）の間には非常に良好な直線関係が認められた（ $y = 0.0098x - 0.0423$ , 相関係数  $R = 0.996$ ）。一方、熱酸化油の劣化指標であるTPM%も、調理時間に伴い徐々に増加し、440nmにおける吸光度（y）とTPM%（x）の間には、高い正の相関関係（ $y = 3.95x + 7.64$ ,  $R = 0.982$ ）が認められた。

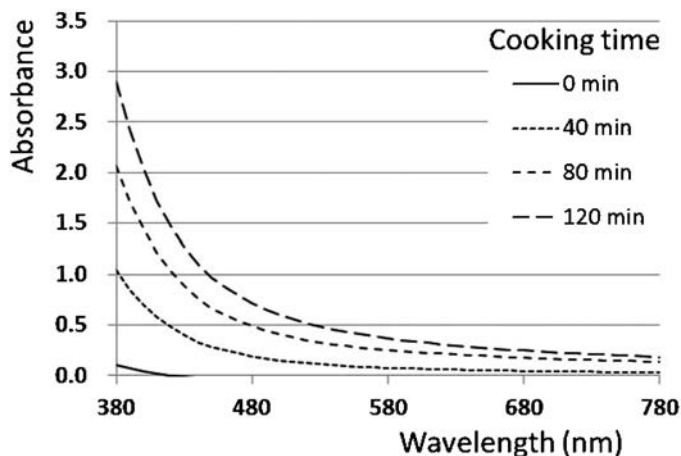


図1 鶏から揚げの調理時間による揚げ油の吸収スペクトル変化

RGBは、赤（R）、緑（G）、青（B）の3原色を合わせて様々な色を再現する色の表現法の一つで、液晶ディスプレイなどの映像ディスプレイなどに用いられている。それぞれの色の輝度は0～255の値で示され、0はその色が含まれていないことを、また255は輝度が最大値であることを示している。従って、すべての色の輝度が0となる、 $(R, G, B) = (0, 0, 0)$  の場合は黒、逆に最大値となる $(255, 255, 255)$ は白、 $(0, 0, 255)$ は青、 $(255, 255, 0)$ は黄色となる。デジタルカメラで撮影した画像から、画像処理ソフトを用いることにより、R、G、Bのそれぞれの値を抽出することが可能である。B値は、写真画像の青色の輝度を表すことから、

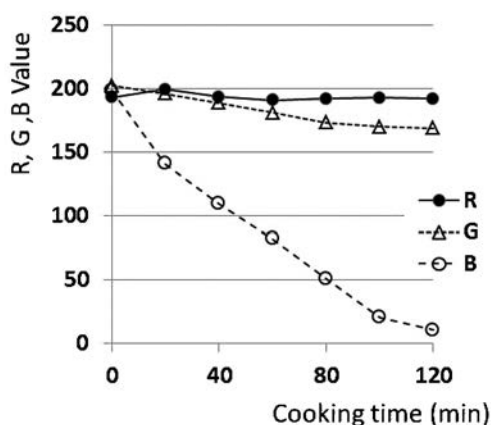


図2 鶏から揚げの調理時間による揚げ油のR、G、B値の変化

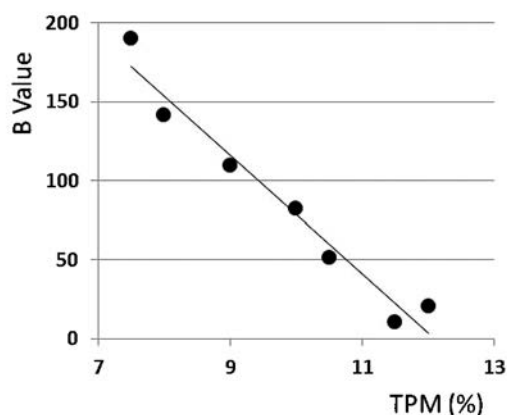


図3 鶏から揚げ揚げ油のTPM%とB値の関係

被写体の440 nmの吸光度の情報を、写真のB値の情報に読み替えることが可能となる。冷凍から揚げを揚げた際の油の写真より抽出したRGB値と調理時間との関係を図2に示した。調理時間の経過とともに、B値(○)は直線的に減少したが、R値(●)およびG値(△)の変化は殆ど認められなかった。更に、揚げ油のB値(y)とTPM%(x)の間には高い負の相関関係(図3、 $R = -0.980$ )が認められ、440 nmの吸光度と同様、B値も揚げ油の劣化指標となることが強く示唆された。

### 3-2 撮影条件によるB値のばらつきの補正

写真画像の輝度は撮影条件により大きく影響を受ける。同じ新鮮な未調理油においても、異なる条件で撮影した写真画像から抽出したB値は大きく異なっていた。オートモードでの写真の撮影では、露出は画像全体の光量が一定になるように設定されるため、照明や背景、被写体の色や濃淡、撮影距離、カメラ機材などにより画像の輝度は異なる。従って、異なる写真からのB値を比較する場合、撮影条件の違いによる影響を補正する必要がある。

新鮮なりノールサラダ油を用い、冷凍から揚げを0～140分間揚げた油(8種)を試料としてそれぞれを異なる携帯・スマートフォンおよびビデオカメラを含む7種のカメラで、撮影距離や照明などの条件をそろえずに撮影し、写真画像から抽出したB値のばらつきについて評価した(表1)。その結果、着色度の異なるそれぞれの試料油について未補正のB値は、いずれも相対標準偏差(RSD)が19～39%と大きくばらついた。そこで、標準溶液および白色版のB値を用いた補正法について検討した。食用黄色4号標準溶液および白色板の補正B値を、それぞれ55、および255に固定し、試料油の補正B値をそれらの値に対する相対値として求めるものとした。まず、実測した標準溶液および白色版のB値を、それぞれの補正後の値55、および255に変換するための1次方程式を求め、その式から試料油のB値から補正B値を求めるための補正式(1)へと導いた。この補正式を用いて補正を行った結果、RSDは2.3～10.6%と実用上は問題ない程度まで精度を上げることができ、異なる条件で撮影を行った画像でも、標準溶液を用いて補正を行うことにより、同じ基準で評価することが可能となった。更



表1 揚げ油を7種のカメラで撮影した画像から抽出したB値のばらつき  
—標準溶液および黄色ラベルフィルムによるばらつきの補正の効果—

調理時間 (min)	B 値					
	未補正值		標準溶液を用いた 補正值		黄色ラベルフィルムを用いた 補正值	
	平均値	相対標準偏差	平均値	相対標準偏差	平均値	相対標準偏差
0	148.2	19.5	237.0	2.3	239.3	2.1
20	118.1	21.7	184.0	3.9	193.0	4.3
40	98.7	23.6	149.9	6.4	163.2	6.8
60	77.9	23.0	114.4	5.9	132.3	7.2
80	58.1	22.8	80.8	3.7	103.0	8.1
100	49.0	23.9	66.2	2.9	90.4	8.2
120	36.3	30.0	43.3	4.3	70.4	11.0
140	27.6	38.5	28.5	10.6	57.5	13.3

に、簡便な方法として標準溶液の代わりに、市販黄色ラベルフィルムを用いた場合でも、補正B値のRSDは2～13%程度と標準溶液を用いた場合に比べ若干ばらつきは大きかったものの、十分に利用可能な水準であると考えられた。尚、標準溶液とラベルフィルムを用いた際のB値の平均値が異なった原因は、実際には異なる標準溶液およびラベルフィルムの補正後のB値をいずれも55としたことによる。標準溶液およびラベルフィルムを用い、それぞれ求めた揚げ油の補正B値の平均値の間には、完全な直線関係 ( $R = 1.000$ ) が成りたち、ラベルフィルムを用い求めた補正B値( $x$ )は、変換式  $y = 1.15x - 37.4$  により標準溶液を用いて求めたB値( $y$ )に変換することが可能であった。

### 3-3 植物油の種類による揚げ油の着色への影響

フライドポテトを4種の植物油を用いて揚げた際の、TPM%と揚げ油の標準溶液により補正したB値との関係を図4に示した。尚、リノールサラダ油の場合のみ揚げ調理を2回実施し、ほかは連続した1回の揚げ調理の結果である。使用した油の脂肪酸組成分析の結果(表2)、キャノーラヘルシーライト、およびオレインリッチは酸化安定性が高いオレイン酸含量が高く、一方、健康サララ、およびリノールサラダ油ではリノール酸含量が比較的高かった。いずれの植物油においてもTPM%と補正B値との間には負の高い相関関係が認められた(図4)。オレイン酸含量の高い油2種(○、△)では、未酸化油のTPM%が低く、また揚げ油の場合も、同じTPM%で比較すると、他の2種に比べ補正B値がわずかに低い傾向がみられた。しかし、これら全てのデータを合わせた場合でもTPM%と補正B値との間の相関係数は  $R = -0.862$

表2 食用植物油の脂肪酸組成

植物油	脂肪酸組成 (%)				
	α-リノレン酸	リノール酸	オレイン酸	パルミチン酸	ステアリン酸
リノールサラダ油	5.3	39.5	41.1	10.7	3.5
健康サララ	6.1	52.4	21.1	15.1	5.3
オレインリッチ	1.4	2.9	86.7	4.7	4.3
キャノーラヘルシーライト	2.1	10.1	79.6	6.0	2.2

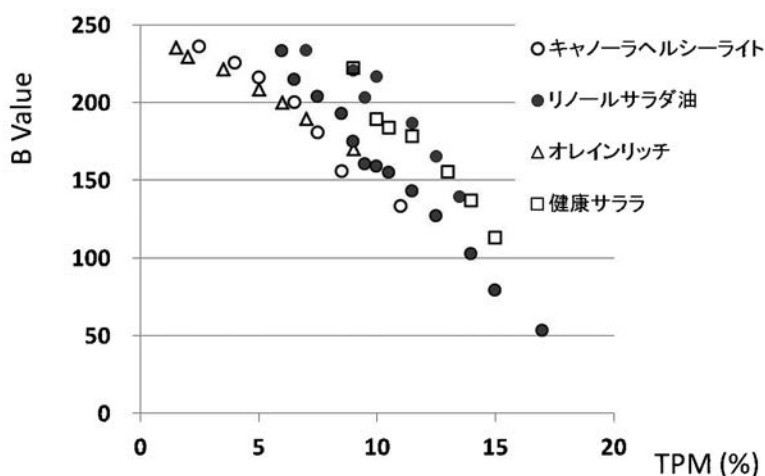


図4 フライドポテトを揚げた油のTPM%と補正B値の関係—調理に使用した油の種類による影響—

と高く、一つの近似式で表すことができたことから、脂肪酸組成の影響はそれほど小さくなく、種類の異なる油に対しても同じ基準で評価することができるものと考えられた。

### 3-4 揚げ種の違いによる揚げ油の着色への影響

新鮮なリノールサラダ油を用い、異なる揚げ種8種を揚げた油のTPM%と補正B値との関係について検討した結果を図5に示した。いずれの揚げ種においても、両者の間には高い負の相関性が認められ、特に、ゴボウ（▲）とカボチャ（+）を除いた揚げ種の近似直線の傾きは

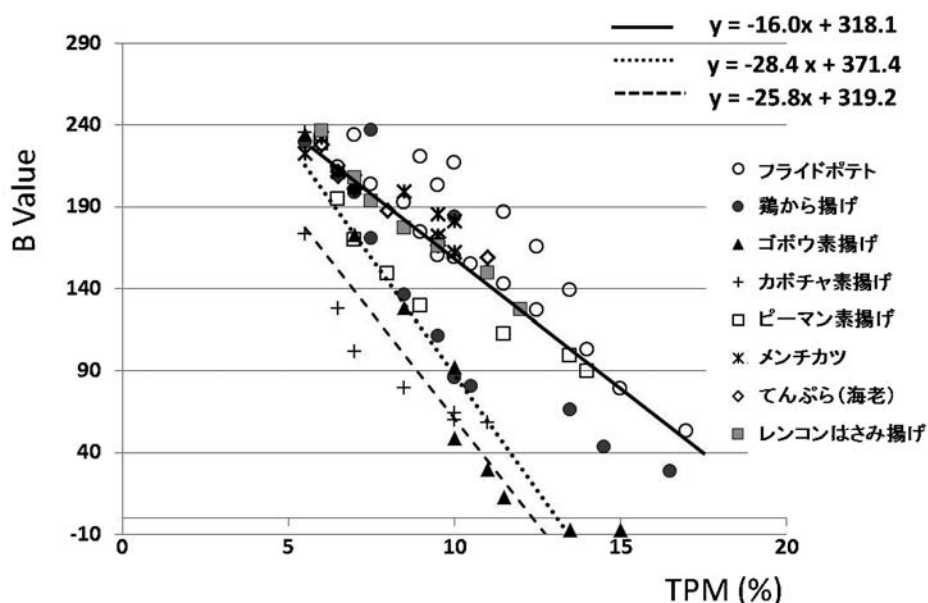


図5 揚げ油のTPM%と補正B値の関係—揚げ種の影響—

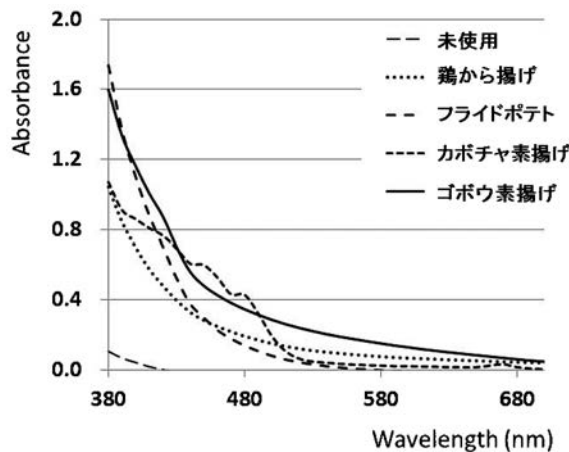


図6 異なる揚げ種を揚げた油の吸収スペクトル

ほぼ等しく、これらを合わせた TPM% (x) と補正 B 値 (y) の関係は、 $y = -16.0x + 18.1$  の直線でよく近似することができた (図5：実線の直線。R = -0.860)。この結果より、TPM% と写真画像から抽出した B 値の間に高い相関性が認められ、写真画像からでも油の劣化を評価できることが明らかとなった。一方、ゴボウとカボチャにおける TPM% と補正 B 値の関係を表す近似直線の傾きはそれぞれ -25.8 (図5：破線の直線) および -28.4 (図5：点線の直線) と他の揚げ種の近似式の傾き (-16.0) に比較し開きは大きく、共通の直線からのずれが大きい結果となった。図6に、4種の揚げ油の吸収スペクトルを示した。鶏から揚げやフライドポテトでは 380 nm からなだらかに吸光度が漸減していたのに比べ、ゴボウでは 440nm 付近にわずかにシヨルダー状のピークが認められ、またカボチャでも 380 ~ 500nm にかけて複数のピークが認められた。これらのピークは、食材から溶け出した脂溶性の色素成分に由来し、これが TPM% に比して B 値を押し下げた主因と考えられた。特に、カボチャのスペクトルは脂溶性の  $\beta$ -カロテンや  $\alpha$ -カロテンの吸収スペクトルが通常の揚げ油のスペクトルに上積みされたような形状をしていたことから、カボチャに含まれるこれら成分が溶けだしたためと考えられた。脂溶性の色素成分の揚げ油への溶出は、B 値による劣化判定において、劣化がより進んだ方向への誤差を与えるため、交換時期に達していない油を、早めに「要交換」と判定することはあっても、交換時期を過ぎての誤判定は起こらない。このため、揚げ種による多少の違いはあるが、官能評価法と異なり、熟練していなくとも数値として油の劣化の程度を判定する方法として十分に利用できるものと考えられる。

#### 4. 総括

異なる条件で撮影した写真画像から抽出した B 値は、標準溶液を用いることによりそのばらつきを補正することが可能であった。この補正 B 値と脂質の熱酸化劣化の指標である TPM% の間に良好な相関性が認められ、更に油の種類や脂溶性色素を多くは含まない揚げ種については、その種類による大きな影響は認められなかったことから、補正 B 値より油の劣化度を判定



することが可能と考えられた。ドイツなどでは  $\text{TPM}\% = 24\%$  が油の交換時期とされている。ゴボウとカボチャを除く 6 種の揚げ種の結果から得られた近似式から、 $\text{TPM}\%$  が 24% に相当する補正 B 値は  $-28$  となる。一方、 $\text{TPM}\%$  と補正 B 値の間の相関係数は  $-0.860$  と完全な一致ではないことから、補正 B 値を用いた揚げ油の交換の目安としては、安全性を見込み、 $\text{TPM}\% = 20\%$  に相当する補正 B 値 0 とするのが適当と考えられる。尚、 $\text{TPM}\%$  が 24% に相当する補正 B 値が負の値になったのは、補正に用いた標準溶液および白色板の基準 B 値を、便宜的にそれぞれ 55、および 255 に固定したためである。

ゴボウやカボチャなど脂溶性色素が溶出する揚げ種では、補正 B 値 0 となるとき  $\text{TPM}\%$  は 13% 前後となり、油の交換時期が  $\text{TPM}\%$  による判定より更に早めとなるが、特殊な装置を用いることなく、一般に広く普及している携帯・スマートフォンのカメラ機能を含むデジタルカメラと PC を用い、油の劣化の程度を客観的に数値化して評価することが可能で、小規模な製造所や調理場、家庭などですぐに導入できる簡便な方法と期待できる。更に、食用黄色 4 号標準溶液の代わりに市販のラベルフィルムを用いても撮影条件の補正は可能である。この場合、標準試料の違いによる補正 B 値間の関係式より、揚げ油の交換の目安の補正 B 値を 32 とすることで標準溶液の調製・管理の手間もないことから、より手軽に利用できる実用的な方法となるものと期待できる。

＊本研究は、尚絅学院大学総合人間科学研究所における「揚げ油の劣化度の簡易判定法の開発とその応用（2012～2013 年度）」の一環として実施したものである。

## 引用文献

- 1) N.Gotoh, H.Watanabe, R.Osato, A.Iwasawa, K.Inagaki and S.Wada : New Sight on the Possibility of the Neurotoxic Behavior Affected by the Oxidized Compounds in Fats and Oils, *J.Oleo Science*, 54, 397-405 (2005).
- 2) 「弁当およびそうざいの衛生規範」昭和 54 年 6 月 29 日 環食第 161 号（第 3 次改正〔平成 7 年 10 月 12 日衛食第 188 号・衛乳第 211 号・衛化第 119 号〕）
- 3) 日本調理科学会近畿支部 揚げる・炒める分科会：フライ油の使用限界に関する研究（Ⅱ）揚げ種の違い、*日本調理科学会誌*, 29, 104-108 (1996)
- 4) 日本調理科学会近畿支部 揚げる・炒める分科会：家庭における揚げ調理に関する油の利用状況の実態調査 近畿地区の場合、*日本調理科学会誌*, 33, 236-243 (2000)
- 5) 加藤征江：揚げ物調理の条件が揚げ油の劣化と揚げ物の官能評価に及ぼす影響、*日本食生活学会誌*, 20, 47-54 (2009).
- 6) 村上恵、伊藤知子、原知子：フライ油の使用限界に関する研究－家庭での揚げ調理における簡便な判定法の確立を目指して－、*オレオサイエンス*, 9, 51-59 (2009).
- 7) 古賀秀徳、利根尚子、伊藤弘美、村本信幸、櫻井英敏、片山脩：フライ油性状への揚げ種の影響、*日本調理科学会誌*, 31, 24-29 (1998).
- 8) 菊地洋一 田沼雄太郎 井上祥史：デジタルカメラを用いる河川水中の陰イオン界面活性剤の簡易イオン対抽出比色分析、*分析化学*, 60, 743-747 (2011)
- 9) 鎌田久仁子：油脂のおいしさに関する研究－豆乳の脂質とおいしさの関係－、尚絅学院大学大学院修士論文（2010 年度）